

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-311343

(P2002-311343A)

(43) 公開日 平成14年10月23日 (2002.10.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E 2 H 0 4 1
6/12		26/06	2 H 0 4 7
26/06		6/12	F
			H

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-116426(P2001-116426)

(22) 出願日 平成13年4月16日 (2001.4.16)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 井出 聡

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100078330

弁理士 笹島 富二雄

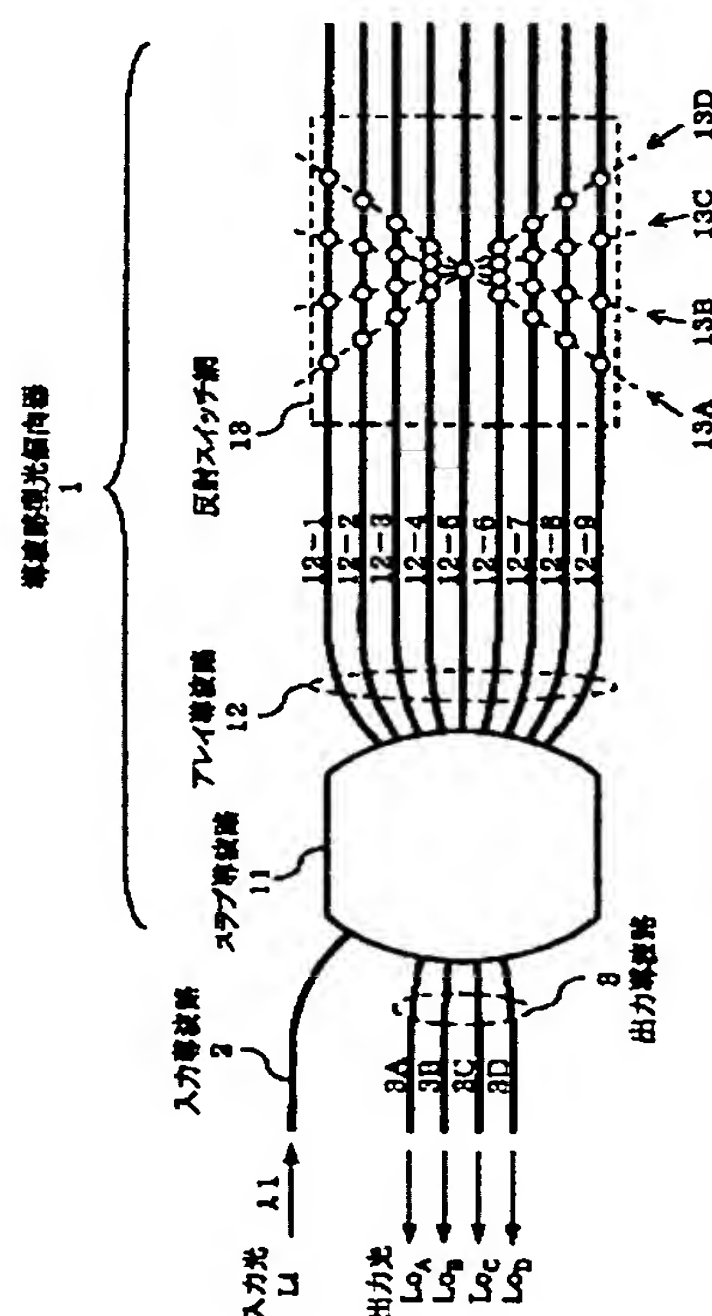
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導波路型光偏向器およびそれを用いた光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 デバイスサイズの小型化が可能な構造を有する導波路型光偏向器およびそれを用いた光スイッチを提供する。

【解決手段】 本発明による導波路型光偏向器1は、光信号が入出力されるスラブ導波路11と、スラブ導波路11の一端面に光学的に接続されたアレイ導波路12と、光の反射および透過を制御可能なスイッチ素子がアレイ導波路12の各光路上に配置された複数の反射スイッチ列13A～13Dを有し、各反射スイッチ列13A～13Dの動作を制御することでアレイ導波路12の各光路長を可変にする反射スイッチ網13と、を備えて構成される。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】スラブ導波路と、該スラブ導波路の一端面に光学的に接続された複数本の光路を有するアレイ導波路と、を備えた導波路型光偏向器において、光の反射および透過を制御可能なスイッチ素子が前記アレイ導波路の各光路上の予め設定した位置にそれぞれ配置された複数の反射スイッチ列を有し、該各反射スイッチ列の動作を制御することで前記アレイ導波路の各光路長を可変にする反射スイッチ網を備え、前記スラブ導波路の一端面に対向する他端面に輸入された光信号が、前記スラブ導波路内を伝搬して前記アレイ導波路の各光路に分配され、前記反射スイッチ網で反射されて前記スラブ導波路に戻され、該スラブ導波路内を伝搬して前記他端面の所定位置に集光されて出力されることを特徴とする導波路型光偏向器。

【請求項2】少なくとも1本以上の光路を有する入力導波路に輸入された光信号が、導波路型光偏向器によって偏向されて少なくとも1本以上の光路を有する出力導波路から出力される光スイッチにおいて、前記導波路型光偏向器が、スラブ導波路と、該スラブ導波路の一端面に光学的に接続された複数の光路を有するアレイ導波路と、光の反射および透過を制御可能なスイッチ素子が前記アレイ導波路の各光路上の予め設定した位置にそれぞれ配置された複数の反射スイッチ列を有し、該各反射スイッチ列の動作を制御することで前記アレイ導波路の各光路長を可変にする反射スイッチ網と、を備え、前記入力導波路および前記出力導波路が、前記スラブ導波路の一端面に対向する他端面にそれぞれ光学的に接続され、前記入力導波路を介して前記スラブ導波路の他端面に輸入された光信号が、前記スラブ導波路内を伝搬して前記アレイ導波路の各光路に分配され、前記反射スイッチ網で反射されて前記スラブ導波路に戻され、該スラブ導波路内を伝搬して前記他端面の所定位置に集光され前記出力導波路から出力されることを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【請求項3】請求項2に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、波長の異なる複数の光信号が前記入力導波路に輸入され、前記導波路型光偏向器によって波長ごとに偏向された各光信号が、前記出力導波路の複数本の光路からそれぞれ出力されることを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【請求項4】請求項2に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記入力導波路の複数本の光路に光信号がそれぞれ入力され、前記導波路型光偏向器によって前記入力導波路の光路ごとに偏向された各光信号が、前記出力導波路の複数本の光路からそれぞれ出力されることを特徴とする導

波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【請求項5】請求項2に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記出力導波路の複数本の光路のうちの少なくとも2本以上の光路を伝搬する光信号を周回的に合波して出力する光カプラを備えたことを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信に利用される導波路型光偏向器およびそれを用いた光スイッチに関し、特に、デバイスサイズの小型化を実現する導波路型光偏向器およびそれを用いた光スイッチの構造に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、データトラフィックの爆発的増大に応えるフォトニックネットワークの実現に向け、WDM（波長分割多重）光通信網の構築が進められている。WDM光伝送の高スループット化には、伝送ノードにおける全光信号処理が望まれることから、各波長信号光の交換を行う光クロスコネクタ用光スイッチの開発が必要である。

【0003】従来の導波路型光偏向器を用いた光スイッチとしては、例えば、位相調整器により光路長差を制御可能なアレイ導波路と、集光の役割を果たすスラブ導波路とから構成される光偏向器を有し、その光偏向器に入出力導波路が接続された構成などが知られている。具体的には、例えば図16の平面図に示すように、入力導波路101₁、101₂に輸入された各光信号が、スターカプラを構成するスラブ導波路102₁、102₂にてアレイ導波路103₁、103₂に分配される。各アレイ導波路103₁、103₂に輸入した光信号は、位相調整器104₁、104₂において適切な光路長差が与えられて波面に傾きが生じる。そして、出力側のスラブ導波路105に輸入した各光信号は、該スラブ導波路105内にて集光し、出力導波路106_a～106_dのいずれかに出力される。

【0004】各入力導波路101₁、101₂に輸入した各光信号が、どの出力導波路106_a～106_dから出力されるかは、位相調整器104₁、104₂で与えられる光路長差と、光の波長に依存することが知られている。各入力光の波長間隔 $\Delta\lambda$ と、出力側のスラブ導波路105に接続する各出力導波路106_a～106_dの間隔 Δx との関係は、光路長差 ΔL を用いて次の(1)式および(2)式により表すことができる。

【0005】

【数1】

$$\Delta L = \frac{ns \cdot d \cdot nc}{f \cdot ng} \cdot \frac{1}{m} \cdot \Delta x \quad \dots(1)$$

【0006】

【数2】

$$m = \frac{nc \cdot \Delta L}{\lambda_0} \quad \dots(2)$$

【0007】ただし、 λ_0 は入力光の中心波長、 m は回折次数、 d はアレイ導波路103₁、103₂の出力側ピッチ、 f はアレイ導波路103₁、103₂の出力側焦点距離（曲率半径）、 nc はアレイ導波路103₁、103₂の実効屈折率、 ns はスラブ導波路105の実効屈折率、 ng はアレイ導波路103₁、103₂の群屈折率である。

【0008】また、位相調整器104₁、104₂は、例えばヒータ等で導波路を加熱する構造を持ち、熱光学効果（TO効果）に従って屈折率が変化する。光路長差 ΔL は、各位相調整器104₁、104₂の導波路長 l および屈折率変化 Δnc に応じて変化する。次の(3)式に示す関係に従って決定する。

【0009】

【数3】

$$\Delta L = \frac{\Delta nc}{nc} \cdot l \quad \dots(3)$$

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記(2)式において、例えば、中心波長 λ_0 を1.55 μm とし、回折次数 m を30程度として設計した場合、アレイ導波路103₁、103₂の実効屈折率 nc としてガラス導波路の屈折率（ $nc=1.5$ ）を考えると、光路長差 ΔL は約30 μm となる。しかしながら、熱光学効果の係数は 10^{-5} オーダーであることから、100℃の温度差によって得られる屈折率変化 Δnc は、高々 10^{-3} 程度と非常に小さい。このため、上記のような30 μm の光路長差を得るためには、上記(3)式の関係より、導波路長 l として45mm程度の長さが必要になる。したがって、上記のような従来の光スイッチの構造ではデバイスサイズの増大を招き、設計上大きな制約が生じてしまうという問題点があった。

【0011】本発明は上記の問題点に着目してなされたもので、デバイスサイズの小型化を図ることが可能な構造を有する導波路型光偏向器およびそれを用いた光スイッチを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の導波路型光偏向器は、スラブ導波路と、スラブ導波路の一端面に光学的に接続された複数本の光路を有するアレイ導波路と、光の反射および透過を制御可能なスイッチ素子がアレイ導波路の各光路上の予め設定した位置にそれぞれ配置された複数の反射スイッチ列を有し、各反射スイッチ列の動作を制御することでアレイ導波路の各光路長を可変にする反射スイッチ網と、を備えて構成される。この導波路型光偏向器では、スラブ導波路の一端面に対向する他端面に入力された光信号が、

スラブ導波路内を伝搬してアレイ導波路の各光路に分配され、反射スイッチ網で反射されてスラブ導波路に戻され、スラブ導波路内を伝搬して他端面の所定位置に集光されて出力される。これにより、反射スイッチ網の動作状態に応じてアレイ導波路の各光路の実質的な長さが制御可能になるため、光路長の制御に必要なデバイスサイズを大幅に縮小することができるようになる。

【0013】また、本発明の導波路型光偏向器を用いた光スイッチは、少なくとも1本以上の光路を有する入力導波路に入力された光信号が、導波路型光偏向器によって偏向されて少なくとも1本以上の光路を有する出力導波路から出力される光スイッチにおいて、導波路型光偏向器が、スラブ導波路と、スラブ導波路の一端面に光学的に接続された複数の光路を有するアレイ導波路と、光の反射および透過を制御可能なスイッチ素子がアレイ導波路の各光路上の予め設定した位置にそれぞれ配置された複数の反射スイッチ列を有し、各反射スイッチ列の動作を制御することでアレイ導波路の各光路長を可変にする反射スイッチ網と、を備え、入力導波路および出力導波路が、スラブ導波路の一端面に対向する他端面にそれぞれ光学的に接続される。この光スイッチでは、入力導波路を介してスラブ導波路の他端面に入力された光信号が、スラブ導波路内を伝搬してアレイ導波路の各光路に分配され、反射スイッチ網で反射されてスラブ導波路に戻され、スラブ導波路内を伝搬して他端面の所定位置に集光され出力導波路から出力される。これにより、反射スイッチ網の動作状態に応じてアレイ導波路の各光路の実質的な長さが制御可能になるため、光スイッチの小型化を図ることができるようになる。

【0014】上記の光スイッチについては、波長の異なる複数の光信号が入力導波路に入力され、導波路型光偏向器によって波長ごとに偏向された各光信号が、出力導波路の複数本の光路からそれぞれ出力されるようにしてもよい。これにより、波長の異なる複数の光信号を各々の波長に応じて出力する波長光スイッチが実現されるようになる。

【0015】また、上記の光スイッチについては、入力導波路の複数本の光路に光信号がそれぞれ入力され、導波路型光偏向器によって入力導波路の光路ごとに偏向された各光信号が、出力導波路の複数本の光路からそれぞれ出力されるようにしてもよい。これにより、入力導波路の各光路に入力された光信号の出力先の切り替えを行う光スイッチが実現されるようになる。

【0016】さらに、前述した光スイッチの具体的な構成として、出力導波路の複数本の光路のうちの少なくとも2本以上の光路を伝搬する光信号を周回的に合波して出力する光カプラを備えるようにしてもよい。このような光カプラを設けることで、周回的なスイッチング特性を有する光スイッチを簡易に実現することができるようになる。

【0017】加えて、前述した光スイッチの具体的な構成として、アレイ導波路の各光路を伝搬する光信号の位相を調整する位相調整部を備えるようにしてもよい。かかる構成では、反射スイッチ網の製造ばらつき等による誤差が位相調整部によって微調整されるため、導波路型光偏向器における偏向角をより厳密に制御できるようになる。

【0018】また、上述した反射スイッチ網に用いられるスイッチ素子の具体的な構成としては、アレイ導波路の屈折率に略一致した屈折率を持つ屈折率整合液およびアレイ導波路の屈折率とは異なる屈折率を持つ屈折率非整合媒体を駆動する駆動管と、駆動管内の屈折率整合液の体積を変化させることで、アレイ導波路の光路に対する前記駆動管内の屈折率非整合媒体の位置を移動させて光の反射および透過を制御する制御部と、を有するスイッチ素子を用いてもよい。または、MEMSミラーを含むスイッチ素子を用いても構わない。あるいは、アレイ導波路の光路に形成された導波路グレーティングと、導波路グレーティングの屈折率を変化させることで、光の反射および透過を制御する制御部と、を有するスイッチ素子を用いることも可能である。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。図1において、本光スイッチは、例えば、スラブ導波路11、アレイ導波路12および反射スイッチ網13を有する導波路型光偏向器1と、その導波路型光偏向器1に光学的に接続された入力導波路2および出力導波路3と、を備えて構成される。

【0020】導波路型光偏向器1を構成するスラブ導波路11は、所要の曲率半径を持った対向する2つの端面を有し、一方の端面（図では右方端面）にはアレイ導波路12が光学的に接続され、また、他方の端面（図では左方端面）には入力導波路2および出力導波路3がそれぞれ光学的に接続される。このスラブ導波路11は、入力導波路2を介して入力される光信号をアレイ導波路12に分配すると共に、アレイ導波路12から戻される光信号を集光して出力導波路3に出力する機能を備えている。

【0021】アレイ導波路12は、アレイ状に配置された複数本の光路12-1～12-9からなり、各光路12-1～12-9の一端部分がスラブ導波路11の一方の端面に垂直に接続される。なお、アレイ導波路12の光路は、ここでは例えば9本としたが、本数を増加することにより、スイッチ数の増加を招くものの、偏光の分解をより高めることができる。

【0022】反射スイッチ網13は、アレイ導波路12上に配置された複数個（例えば4個とする）の反射スイッチ列13A、13B、13C、13Dを有する。各反

射スイッチ列13A～13Dは、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9に対応させた所要の位置にスイッチ素子（図1中の各丸印）がそれぞれ設けてあり、同一列上の各スイッチ素子が同期してスイッチ動作して、各光路12-1～12-9を伝搬する光を反射もしくは透過する。各スイッチ素子の配置は、スラブ導波路11に対する出力導波路3の接続位置に応じて設計されていて、ここでは、反射スイッチ列13A、13B上の各スイッチ素子については、アレイ導波路12の各光路長（スラブ導波路11との接続端面からスイッチ素子までの各光路の長さ）が光路12-1から光路12-9に向けて順に短くなるように配置され、また、反射スイッチ列13C、13D上の各スイッチ素子については、アレイ導波路12の各光路長が光路12-1から光路12-9に向けて順に長くなるように配置されている。上記のような各反射スイッチ列13A～13Dのスイッチ動作は、図示しないが、例えば制御回路などにより外部からの信号等に従って制御される。なお、反射スイッチ網13に用いるスイッチ素子の具体例については後述することにする。

【0023】入力導波路2は、ここでは1本の光路からなり、その一端部分がスラブ導波路11の他方の端面に垂直に接続される。また、出力導波路3は、ここでは複数本（例えば4本とする）の光路3A、3B、3C、3Dからなり、各導波路3A～3Dの一端部分がスラブ導波路11の他方の端面に垂直に接続される。なお、導波路型光偏向器1を構成するスラブ導波路11およびアレイ導波路12、並びに、入力導波路2および出力導波路3としては、例えば、ガラス（SiO₂）、半導体（GaAs系、InP系、GaN系等）、ニオブ酸リチウム（LiNbO₃）、などの周知の材料をそれぞれ用いることができる。また、本光スイッチは、導波路型光偏向器1、入力導波路2および出力導波路3を集積化することも可能である。

【0024】上記のような構成の光スイッチでは、入力導波路2に入力された波長λ₁の光信号L_iは、スターカプラとして動作するスラブ導波路11に送られてアレイ導波路12の各光路12-1～12-9に分配される。アレイ導波路12の光路12-1～12-9に送られた各光信号は、反射スイッチ網13の反射スイッチ列13A～13Dのうちのいずれか1つによってそれぞれ反射されてスラブ導波路11に戻される。この反射スイッチ網13における反射により、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9を伝搬する光信号は、光路長差が与えられて波面に傾きを生じる。そして、アレイ導波路12からスラブ導波路11に戻された各光信号は、スラブ導波路11内にて集光し出力導波路3の光路3A～3Dのうちのいずれか1つから出力される。

【0025】入力導波路2に入力された光信号が、出力導波路3のどの光路3A～3Dから出力されるかは、上

述した従来の場合と同様に、光路長差と光信号波長に依存する。ここでは、単一の波長 λ_1 を持つ光信号 L_i が入力される場合を想定するため、アレイ導波路12を伝搬する各光信号に対して反射スイッチ網13により与えられる光路長差 ΔL に応じて、光信号が出力される出力導波路3の光路が決まることになる。なお、反射スイッチ網13により与えられる光路長差 ΔL は、アレイ導波路12の各光路の長手方向に対する各スイッチ素子の間隔 L_s （以下、反射スイッチ間隔 L_s とする）の2倍となり、次の（4）式で表すことができる。

$$【0026】 \Delta L = 2 \cdot L_s \quad \cdots (4)$$

具体的には、例えば図2に示すように、反射スイッチ列13A上の各スイッチ素子をオンにして（図では黒丸印）光を反射し、他の反射スイッチ列13B～13D上の各スイッチ素子をオフにして（図では白丸印）光を透過するようにした場合を考えると、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9を伝搬する光信号は、反射スイッチ列13Aで反射される前の状態（図2の上段）では波面が揃っているが、反射スイッチ列13Aで反射された後の状態（図2の下段）では各々の光路長差に応じて波面が傾くように（図では右上がりの傾斜に）なる。そして、アレイ導波路12を往復してスラブ導波路11に戻された各光信号は、出力導波路3の光路3A端面に集光されるようになる。

【0027】また、例えば図3に示すように、反射スイッチ列13C上の各スイッチ素子をオンにし、他の反射スイッチ列13A、13B、13D上の各スイッチ素子をオフにした場合を考えると、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9を伝搬する光信号は、反射スイッチ列13Cで反射された後の状態（図3の下段）では各々の光路長差に応じて波面が傾くように（図では右下がりの傾斜に）なる。そして、アレイ導波路12を往復してスラブ導波路11に戻された各光は、出力導波路3の光路3C端面に集光されるようになる。

【0028】次の表1は、本光スイッチについて、反射スイッチ網13のオンされる反射スイッチ列13A～13Dと、波長 λ_1 の光信号が出力される出力導波路3の各光路3A～3Dとの対応関係をまとめたものである。

【0029】

【表1】

		反射スイッチ列 (ON)			
		13A	13B	13C	13D
出力 導波路	3A	λ_1	—	—	—
	3B	—	λ_1	—	—
	3C	—	—	λ_1	—
	3D	—	—	—	λ_1

【0030】このように第1実施形態によれば、アレイ導波路12上に反射スイッチ網13を設けて、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9の実質的な長さを直接制御するようにしたことで、光路長の制御に必要な

デバイスサイズを大幅に縮小することができるため、小型かつ高集積可能な光スイッチを実現できる。ここで、前述した反射スイッチ網13に用いるスイッチ素子の具体例について説明する。

【0031】図4は、スイッチ素子の第1の構成例を示す平面図であって、（A）は光を透過する時の状態（オフ状態）を示し、（B）は光を反射する時の状態（オン状態）を示す図である。図4に示す第1の構成例のスイッチ素子は、屈折率整合液61と屈折率非整合媒体62とを駆動する駆動管63にヒータ64を備えたものである。屈折率整合液61は、導波路Wの屈折率に整合した屈折率を持つ液体である。なお、導波路Wは、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9に対応するものである。屈折率非整合媒体62は、導波路Wの屈折率とは異なる屈折率を持った任意の媒体であり、具体的には、例えば、低屈折率媒体として空気（気泡）を用いることが可能である。ただし、屈折率非整合媒体62は空気（気泡）に限定されるものではなく、他の低屈折率媒体あるいは高屈折率媒体を用いてもよい。

【0032】駆動管63は、屈折率整合液61を溜めておく部分と、そこから導波路Wに向けて伸延して導波路Wを横断する部分とを有する。ここでは、導波路Wを横断する部分が複数個（例えば4個とする）並べて形成され、各々の部分に屈折率非整合媒体62が位置を描えて配置される。この駆動管63は、ヒータ64により屈折率整合液61の温度が調整されることで、屈折率整合液61の熱膨張を利用して4箇所の屈折率非整合媒体62を同時に移動させ、導波路Wを伝搬する光信号の透過および反射を制御する。なお、ここでは1本の導波路Wに対して4箇所で光信号の透過および反射を制御するようにしたが、例えば、単一の屈折率非整合媒体62での反射率が十分に高ければ光信号の透過および反射を1箇所で制御してもよく、屈折率非整合媒体62での反射率に応じて制御箇所を適宜に設定することが可能である。

【0033】ヒータ64は、例えば、駆動管63の屈折率整合液61を溜めておく部分に配置され、供給電流を変化させることで駆動管63内の屈折率整合液61の温度を調整する。このヒータ64の供給電流値は、外部からの信号等に従って制御されるものとする。かかる構成のスイッチ素子では、図4（A）に示すように、駆動管63と導波路Wが交差する部分に屈折率整合液61が位置する場合には、導波路Wを伝搬する光信号が透過される。一方、図4（B）に示すように、駆動管63と導波路Wが交差する部分に屈折率非整合媒体62が位置する場合には、導波路Wを伝搬する光信号が反射される。

【0034】上記のようなスイッチ素子の構造は、例えば図5に示すように、一連のスイッチ素子を同時に駆動することが可能であるため、上述した反射スイッチ網13を構成する各反射スイッチ列13として好適である。具体的には、図1の各反射スイッチ列13A～13Dに

ついて、それぞれ、アレイ導波路12の光路12-1～12-4に対応した各スイッチ素子を一連の組とし、また、光路12-5～12-9に対応した各スイッチ素子を一連の組として構成することが可能である。これにより、反射スイッチ網13の構造の簡略化を図ることができる。

【0035】図6は、スイッチ素子の第2の構成例を示す断面図である。図6におけるスイッチ素子は、マイクロマシン(MEMS: Micro Electric Mechanical system)技術を応用して作製した可動ミラー(以下、MEMSミラーとする)70を利用して光の透過および反射を制御するようにしたものである。具体的には、例えば、コアおよびクラッドからなる導波路Wを形成した基板71とは別の基板72にMEMSミラー70を設け、基板71上の所定位置に導波路Wを横断するように形成した凹部に対応させて、基板72上のMEMSミラー70が配置される。MEMSミラー70は、ここでは、金属膜を施したミラー部70Aが、基板72に対し倒立した状態(オン状態)または倒伏した状態(オフ状態)にスイッチ動作する。

【0036】かかる構成のスイッチ素子では、基板71上の導波路Wを伝搬する光信号は、MEMSミラー70のミラー部70Aが倒立した状態にある場合、そのミラー部70Aの金属膜が垂直な反射面となって全反射される。一方、ミラー部70Aが倒伏した状態にある場合には、導波路Wを伝搬する光信号は透過される。なお、上記の図6に示した構成例では、導波路WおよびMEMSミラー70を別基板に形成するようにしたが、例えば図7の断面図に示すように、一括プロセスにより同一基板上71'に導波路WおよびMEMSミラー70を形成するようにしてもよい。また、MEMSミラー70としてミラー部70Aが倒伏する構造を示したが、本発明はこれに限らず周知の構造のMEMSミラーを適用可能である。

【0037】図8は、スイッチ素子の第3の構成例を示す平面図である。図8におけるスイッチ素子は、例えば、導波路W上の所定位置に形成された導波路グレーティングS0と、該導波路グレーティングS0に対応させて設けられたヒータS1とを備えたものである。導波路グレーティングS0は、図8の下段に示すように、導波路Wの長手方向に対して周期的に変化する屈折率を有する。このため、導波路グレーティングS0によるブラッグ反射は、例えば図9の実線に示すように、中心波長(ブラッグ波長) λ_1 で急峻な反射特性を示し、それ以外の波長では透過特性を示す。また、導波路グレーティングS0の屈折率は、熱光学効果に従って変化するもので、ヒータS1により導波路グレーティングS0の温度を調節して、図9の実線および波線に示すようにブラッグ波長を λ_1 と λ_1' の間でシフトさせることで、導波路Wを伝搬する光信号の透過および反射を制御できる。

このような導波路グレーティングS0を利用したスイッチ素子は、光信号の透過および反射を波長ごとに制御することが可能である。

【0038】なお、図8の構成例では、導波路グレーティングS0の屈折率が熱光学効果によって変化する場合は、導波路グレーティングS0の屈折率を変化させる手段は熱光学効果に限らず、例えば電気光学(EO)効果等の他の周知な効果を用いるようにしてもよい。次に、本発明の第2実施形態について説明する。

【0039】図10は、本発明の第2実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。ただし、前述した第1実施形態の場合と同様の部には同一の符号が付してあり、以下、他の図面においても同様とする。図10において、第2実施形態の構成が上述の図1に示した第1実施形態の場合と異なる点は、導波路型光偏向器1に対する入力導波路2および出力導波路3の配置を変更した点である。具体的には、入力導波路2の1本の光路の一端部分が、スラブ導波路11の左方端面の中央部分に垂直に接続され、出力導波路3の光路3A、3Bの一端部分が、スラブ導波路11の左方端面の入力導波路2接続位置よりも上側に垂直に接続され、出力導波路3の光路3C、3Dの一端部分が、スラブ導波路11の左方端面の入力導波路2接続位置よりも下側に垂直に接続される。また、入力導波路2および出力導波路3の配置変更に対応させて、反射スイッチ網13の各反射スイッチ列13A～13Dにおける各々のスイッチ素子の配置(具体的には、各反射スイッチ列の傾き)も変更される。なお、上記以外の各部の構成は第1実施形態の場合と同様である。

【0040】このような第2実施形態の光スイッチは、上述した第1実施形態の場合と同様に動作する。また、第2実施形態の構成では、入力導波路2に対する出力導波路3の対称性が第1実施形態の場合に比べて増すため、出力導波路3の各光路3A～3Dから出力される光信号のばらつきを低減することができる。次に、本発明の第3実施形態について説明する。

【0041】図11は、本発明の第3実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。図11において、本光スイッチは、上述の図1に示した第1実施形態の構成について、アレイ導波路12上に位相調整器14を設けた導波路型光偏向器1'を用いるようにしたものである。この位相調整器14は、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9について、光路長差を微調整可能にするために設けられる。なお、位相調整器14を設けた点以外の他の部分の構成は第1実施形態の場合と同様である。

【0042】かかる構成の光スイッチでは、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9を伝搬する光信号に与えられる光路長差は、基本的に、反射スイッチ網13における反射スイッチ間隔によって決定する。しかし、

反射スイッチ網13には製造ばらつき等による誤差が生じる可能性があるため、このような誤差の微調整が位相調整器14によって行われる。これにより、第3実施形態の光スイッチでは、導波路型光偏向器1'における偏向角をより厳密に制御することが可能になる。

【0043】なお、上述した第1～第3実施形態では、入力導波路2の1本の光路に入力された光信号が、出力導波路3の複数の光路のうちのいずれか1つから出力される場合を説明したが、本発明はこれに限らず光信号の入出力関係を逆にした構成も可能である。具体的には、例えば図12の平面図に示すように、入力導波路2の複数本（例えば4本とする）の光路2a～2dに入力される光信号 L_{i_a} ～ L_{i_d} のいずれか1つが、出力導波路3の1本の光路に出力されるような構成とすることができる。また、図12では、上述した第1実施形態における光信号の入出力関係を逆にした構成を例示したが、もちろん、第2または第3実施形態における光信号の入出力関係を逆にした構成も応用可能である。

【0044】次に、本発明の第4実施形態について説明する。図13は、本発明の第4実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。図13において、第4実施形態の光スイッチは、上述した第1～第3実施形態の光スイッチが単一の波長の入力光に対応した構成であったのに対し、複数の波長（例えば、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 とする）の光信号を合波したWDM信号光 L_i が入力導波路2の1本の光路に入力され、各々の波長 λ_1 ～ λ_4 の光信号が出力導波路3の各光路3A～3Dからそれぞれ出力されるような構成としたものである。具体的には、波長 λ_1 ～ λ_4 の光信号に応じて、7本の光路3A～3Gからなる出力導波路3を用いると共に、各光路3A～3Gを伝搬する光信号を周回的に合波して4つの出力ポート4A～4Dから出力する光カプラ4を設けたものである。なお、第4実施形態における出力導波路3および光カプラ4以外の他の構成は、上述の図1に示した第1実施形態の場合と同様である。

【0045】出力導波路3は、スラブ導波路11のアレイ導波路12が接続する一方の端面に対向する他方の端面（図では左方端面）に、各光路3A～3Gの一端部分が順次垂直に接続される。また、各光路3A～3Gの他端は、光カプラ4の7つの入力ポートにそれぞれ接続される。光カプラ4は、例えば、出力導波路3の光路3A、3Eからの各光信号を1つの出力ポート4Aに出力光 L_{o_a} として出力し、出力導波路3の光路3B、3Fからの各光信号を1つの出力ポート4Bに出力光 L_{o_b} として出力し、出力導波路3の光路3C、3Gからの各光信号を1つの出力ポート4Cに出力光 L_{o_c} として出力し、出力導波路3の光路3Dからの光信号を1つの出力ポート4Dに出力光 L_{o_d} として出力する。

【0046】このような構成の光スイッチでは、入力導

波路2に入力された波長 λ_1 ～ λ_4 のWDM信号光 L_i は、スラブ導波路11に送られてアレイ導波路12の各光路12-1～12-9に分配される。アレイ導波路12の光路12-1～12-9に送られたWDM信号光は、反射スイッチ網13の反射スイッチ列13A～13Dのうちのいずれか1つによってそれぞれ反射されてスラブ導波路11に戻される。この反射スイッチ網13における反射により、アレイ導波路12の各光路12-1～12-9を伝搬するWDM信号光は、光路長差を与えられて波面に傾きを生じる。そして、アレイ導波路12からスラブ導波路11に戻された各WDM信号光は、スラブ導波路11内にて各々の波長 λ_1 ～ λ_4 ごとに集光して出力導波路3の各光路3A～3Gに送られる。

【0047】入力導波路2に入力された各波長 λ_1 ～ λ_4 の光信号が、出力導波路3のどの光路3A～3Gに送られるかは、反射スイッチ網13により与えられる光路長差 ΔL と各光信号の波長とに依存する。具体的には、入力される各波長 λ_1 ～ λ_4 の光信号の波長間隔 $\Delta \lambda$ と、出力導波路3の各光路3A～3Gの間隔 Δx との関係は、前述した(4)式に従って求められる光路長差 ΔL を用いて、上述した(1)式および(2)式により表される。

【0048】ここでは、入力されるWDM信号光 L_i の波長間隔 $\Delta \lambda$ に応じて、隣り合う波長の光信号が、出力導波路3の隣り合う光路に集光するように、反射スイッチ網13の各スイッチ素子の配置が設計されていて、アレイ導波路12を伝搬するWDM信号光がどの反射スイッチ列13A～13Dで反射されるかによって、各々の波長 λ_1 ～ λ_4 の光信号が出力される出力導波路3の光路3A～3Gがそれぞれ周回的に変化する。

【0049】具体的には、反射スイッチ列13Aをオンにした場合、波長 λ_1 の光信号が光路3Aに、波長 λ_2 の光信号が光路3Bに、波長 λ_3 の光信号が光路3Cに、波長 λ_4 の光信号が光路3Dにそれぞれ集光する。反射スイッチ列13Bをオンにした場合には、波長 λ_1 の光信号が光路3Bに、波長 λ_2 の光信号が光路3Cに、波長 λ_3 の光信号が光路3Dに、波長 λ_4 の光信号が光路3Eにそれぞれ集光する。反射スイッチ列13Cをオンにした場合には、波長 λ_1 の光信号が光路3Cに、波長 λ_2 の光信号が光路3Dに、波長 λ_3 の光信号が光路3Eに、波長 λ_4 の光信号が光路3Fにそれぞれ集光する。反射スイッチ列13Dをオンにした場合には、波長 λ_1 の光信号が光路3Dに、波長 λ_2 の光信号が光路3Eに、波長 λ_3 の光信号が光路3Fに、波長 λ_4 の光信号が光路3Gにそれぞれ集光する。

【0050】スラブ導波路11から出力導波路3の各光路3A～3Gに送られた各々の波長 λ_1 ～ λ_4 の光信号は、各光路3A～3Gに接続する7つの入力ポートと4つの出力ポート4A～4Dが周回的に接続された光カプラ4を通過することで、いずれか1つの出力ポート4A

～4Dから出力光 $L_{oA} \sim L_{oD}$ としてそれぞれ出力されるようになる。

【0051】次の表2は、本光スイッチについて、反射スイッチ網13のオンされる反射スイッチ列13A～13Dと、各出力光 $L_{oA} \sim L_{oD}$ の波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ との対応関係をまとめたものである。

【0052】

【表2】

		反射スイッチ列 (ON)			
		13A	13B	13C	13D
出力光	L_{oA}	$\lambda 1$	$\lambda 4$	$\lambda 3$	$\lambda 2$
	L_{oB}	$\lambda 2$	$\lambda 1$	$\lambda 4$	$\lambda 3$
	L_{oC}	$\lambda 3$	$\lambda 2$	$\lambda 1$	$\lambda 4$
	L_{oD}	$\lambda 4$	$\lambda 3$	$\lambda 2$	$\lambda 1$

【0053】このように第4実施形態によれば、入力導波路2に入力されるWDM信号光 L_i に対する出力光 $L_{oA} \sim L_{oD}$ の波長光スイッチを、デバイスサイズの小さい導波路型光偏向器1と、簡易な構成の出力導波路3および光カプラ4とにより実現することができる。これにより、小型かつ高集積可能な波長光スイッチを提供することが可能になる。

【0054】次に、本発明の第5実施形態について説明する。図14は、本発明の第5実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。図14において、本光スイッチの構成が前述の図13に示した第4実施形態の場合と異なる点は、入力導波路2が複数本（例えば4本とする）の光路2a～2dを有し、各光路2a～2dには同じ波長 $\lambda 1$ の光信号 $L_{iA} \sim L_{iD}$ が入力されるようにしたものである。ただし、ここでは各光路2a～2dに対する入力光 $L_{iA} \sim L_{iD}$ の波長を区別するために、各々の波長を $\lambda 1a \sim \lambda 1d$ と表記することにする。なお、第5実施形態における入力導波路2以外の他の構成は、第4実施形態の場合と同様である。

【0055】入力導波路2は、スラブ導波路11のアレイ導波路12が接続する一方の端面に対向する他方の端面（図では左方端面）に、の各光路2a～2dの一端部分が順次垂直に接続される。このような構成の光スイッチでは、入力導波路2の各光路2a～2dに入力された波長 $\lambda 1a \sim \lambda 1d$ の各光信号 $L_{iA} \sim L_{iD}$ は、それぞれ、スラブ導波路11に送られてアレイ導波路12の各光路12-1～12-9に分配され、反射スイッチ網13によって反射されてアレイ導波路12を往復しスラブ導波路11に戻され、スラブ導波路11内にて、入力導波路2の各光路2a～2dに対応した波長 $\lambda 1a \sim \lambda 1d$ の光信号ごとに集光して出力導波路3の光路3A～3Gに送られる。そして、スラブ導波路11から出力導波路3の各光路3A～3Gに送られた各々の光信号は、各光路3A～3Gに接続する7つの入力ポートと4つの出力ポート4A～4Dが周期的に接続された光カプラ4を

通過することで、いずれか1つの出力ポート4A～4Dから出力光 $L_{oA} \sim L_{oD}$ としてそれぞれ出力されるようになる。

【0056】次の表3は、本光スイッチについて、反射スイッチ網13のオンされる反射スイッチ列13A～13Dと、各出力光 $L_{oA} \sim L_{oD}$ の波長 $\lambda 1a \sim \lambda 1d$ との対応関係をまとめたものである。

【0057】

【表3】

		反射スイッチ列 (ON)			
		13A	13B	13C	13D
出力光	L_{oA}	$\lambda 1a$	$\lambda 1d$	$\lambda 1c$	$\lambda 1b$
	L_{oB}	$\lambda 1b$	$\lambda 1a$	$\lambda 1d$	$\lambda 1c$
	L_{oC}	$\lambda 1c$	$\lambda 1b$	$\lambda 1a$	$\lambda 1d$
	L_{oD}	$\lambda 1d$	$\lambda 1c$	$\lambda 1b$	$\lambda 1a$

【0058】このように第5実施形態によれば、同じ波長の光信号 $L_{iA} \sim L_{iD}$ が入力導波路2の各光路2a～2dにそれぞれ入力され、各光信号 $L_{iA} \sim L_{iD}$ の出力先の切り替えが行われるような光スイッチについても、第4実施形態の場合と同様なデバイスサイズの小さい導波路型光偏向器1と、簡易な構成の出力導波路3および光カプラ4とにより実現することが可能である。

【0059】次に、本発明の第6実施形態について説明する。図15は、本発明の第6実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。図15において、本光スイッチは、前述した第5実施形態の光スイッチが同一波長の入力光に対応した構成であったのに対し、複数の波長（例えば、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ とする）の光信号を合波したWDM信号光が入力導波路2の各光路2a～2dに入力されるような場合に対応したものである。具体的には、入力導波路2の各光路2a～2dに入力されるWDM信号光 L_i 、 $L_{iA} \sim L_{iD}$ に応じて、11本の光路3A～3Kからなる出力導波路3を用いると共に、各光路3A～3Gを伝搬する光信号を周期的に合波して4つの出力ポート4A～4Dから出力する光カプラ4'を設けた構成である。

【0060】ただし、ここでは入力導波路2の各光路2a～2dに入力される各WDM信号光 $L_{iA} \sim L_{iD}$ の波長を区別するために、WDM信号光 L_{iA} の波長を $\lambda 1a$ 、 $\lambda 2a$ 、 $\lambda 3a$ 、 $\lambda 4a$ と表記し、以下同様にして、WDM信号光 L_{iB} 、 L_{iC} 、 L_{iD} の波長をそれぞれ $\lambda 1b \sim \lambda 4b$ 、 $\lambda 1c \sim \lambda 4c$ 、 $\lambda 1d \sim \lambda 4d$ と表記することにする。なお、第6実施形態における出力導波路3および光カプラ4'以外の他の構成は、第5実施形態の場合と同様である。

【0061】出力導波路3は、スラブ導波路11のアレイ導波路12が接続する一方の端面に対向する他方の端面（図では左方端面）に、各光路3A～3Kの一端部分が順次垂直に接続される。また、各光路3A～3Kの他端が光カプラ4'の11個の入力ポートにそれぞれ接続

される。光カプラ4'は、例えば、出力導波路3の光路3A、3E、3Iからの各光信号を1つの出力ポート4Aに出力光 L_{oA} として出力し、出力導波路3の光路3B、3F、3Jからの各光信号を1つの出力ポート4Bに出力光 L_{oB} として出力し、出力導波路3の光路3C、3G、3Kからの各光信号を1つの出力ポート4Cに出力光 L_{oC} として出力し、出力導波路3の光路3D、3Hからの光信号を1つの出力ポート4Dに出力光 L_{oD} として出力する。

【0062】上記のような構成の光スイッチでは、入力導波路2の各光路2a~2dに入力された各WDM信号光 L_{iA} ~ L_{iD} は、それぞれ、スラブ導波路11に送られてアレイ導波路12の各光路12-1~12-9に分配され、反射スイッチ網13によって反射されてアレイ導波路12を往復しスラブ導波路11に戻される。そして、スラブ導波路11に戻された各WDM信号光は、スラブ導波路11内にて、入力導波路2の各光路2a~2

dに対応した各々の波長 λ_{1a} ~ λ_{1d} 、 λ_{2a} ~ λ_{2d} 、 λ_{3a} ~ λ_{3d} 、 λ_{4a} ~ λ_{4d} ごとに集光して出力導波路3の光路3A~3Kにそれぞれ送られる。各光路3A~3Kに送られた各波長の光信号は、各光路3A~3Kに接続する11つの入力ポートと4つの出力ポート4A~4Dが周回的に接続された光カプラ4'を通過することで、各出力ポート4A~4Dからは、それぞれ、入力されたWDM信号光 L_{iA} ~ L_{iD} の各波長光の入れ替えを行ったWDM信号光 L_{oA} ~ L_{oD} が出力されるようになる。

【0063】次の表4は、本光スイッチについて、反射スイッチ網13のオンされる反射スイッチ列13A~13Dと、各出力ポート4A~4Dから出力されるWDM信号光 L_{oA} ~ L_{oD} に含まれる波長との対応関係をまとめたものである。

【0064】

【表4】

		反射スイッチ列 (ON)			
		13A	13B	13C	13D
出力光	L_{oA}	$\lambda_{1a}, \lambda_{2d}$ $\lambda_{3c}, \lambda_{4b}$	$\lambda_{1d}, \lambda_{2c}$ $\lambda_{3b}, \lambda_{4a}$	$\lambda_{1c}, \lambda_{2b}$ $\lambda_{3a}, \lambda_{4d}$	$\lambda_{1b}, \lambda_{2a}$ $\lambda_{3d}, \lambda_{4c}$
	L_{oB}	$\lambda_{1b}, \lambda_{2a}$ $\lambda_{3d}, \lambda_{4c}$	$\lambda_{1a}, \lambda_{2d}$ $\lambda_{3c}, \lambda_{4b}$	$\lambda_{1d}, \lambda_{2c}$ $\lambda_{3b}, \lambda_{4a}$	$\lambda_{1c}, \lambda_{2b}$ $\lambda_{3a}, \lambda_{4d}$
	L_{oC}	$\lambda_{1c}, \lambda_{2b}$ $\lambda_{3a}, \lambda_{4d}$	$\lambda_{1b}, \lambda_{2a}$ $\lambda_{3d}, \lambda_{4c}$	$\lambda_{1a}, \lambda_{2d}$ $\lambda_{3c}, \lambda_{4b}$	$\lambda_{1d}, \lambda_{2c}$ $\lambda_{3b}, \lambda_{4a}$
	L_{oD}	$\lambda_{1d}, \lambda_{2c}$ $\lambda_{3b}, \lambda_{4a}$	$\lambda_{1c}, \lambda_{2b}$ $\lambda_{3a}, \lambda_{4d}$	$\lambda_{1b}, \lambda_{2a}$ $\lambda_{3d}, \lambda_{4c}$	$\lambda_{1a}, \lambda_{2d}$ $\lambda_{3c}, \lambda_{4b}$

【0065】このように第6実施形態によれば、入力導波路2の各光路2a~2dにそれぞれ入力されるWDM信号光 L_{iA} ~ L_{iD} に対して、波長光の入れ替えを行ったWDM信号光 L_{oA} ~ L_{oD} を出力する波長光スイッチについても、デバイスサイズの小さい導波路型光偏向器1と簡易な構成の出力導波路3および光カプラ4'とにより実現することができる。これにより、小型かつ高集積可能な波長光スイッチを提供することが可能になる。

【0066】なお、上述した第4実施形態では入力光の波長数を4波とし、また、第5実施形態では入力導波路2の光路数を4本とし、さらに、第6実施形態では入力光の波長数を4波、入力導波路2の光路数を4本としたが、本発明における入力光の波長数および入力導波路2の光路数はこれらの具体例に限定されるものではない。また、第4~第6実施形態について、上述の図11に示した第3実施形態の場合と同様にして、位相調整器14を設けた導波路型光偏向器1'を用い光路長差の微調整を行うようにしてもよい。さらに、本発明における導波路型光偏向器1に対する入力導波路2および出力導波路3の配置は、第4~第6実施形態に示した配置例に限定されるものではない。

【0067】以上、本明細書で開示した主な発明について以下にまとめる。

【0068】(付記1) スラブ導波路と、該スラブ導

波路の一端面に光学的に接続された複数本の光路を有するアレイ導波路と、を備えた導波路型光偏向器において、光の反射および透過を制御可能なスイッチ素子が前記アレイ導波路の各光路上の予め設定した位置にそれぞれ配置された複数の反射スイッチ列を有し、該各反射スイッチ列の動作を制御することで前記アレイ導波路の各光路長を可変にする反射スイッチ網を備え、前記スラブ導波路の一端面に対向する他端面に入力された光信号が、前記スラブ導波路内を伝搬して前記アレイ導波路の各光路に分配され、前記反射スイッチ網で反射されて前記スラブ導波路に戻され、該スラブ導波路内を伝搬して前記他端面の所定位置に集光されて出力されることを特徴とする導波路型光偏向器。

【0069】(付記2) 付記1に記載の導波路型光偏向器であって、前記反射スイッチ網の各スイッチ素子は、前記アレイ導波路の屈折率に略一致した屈折率を持つ屈折率整合液および前記アレイ導波路の屈折率とは異なる屈折率を持つ屈折率非整合媒体を駆動する駆動管と、該駆動管内の屈折率整合液の体積を変化させることで、前記アレイ導波路の光路に対する前記駆動管内の屈折率非整合媒体の位置を移動させて光の反射および透過を制御する制御部と、を有することを特徴とする導波路型光偏向器。

【0070】(付記3) 付記1に記載の導波路型光偏

向器であって、前記反射スイッチ網の各スイッチ素子は、MEMSミラーを含むことを特徴とする導波路型光偏向器

【0071】(付記4) 付記1に記載の導波路型光偏向器であって、前記反射スイッチ網の各スイッチ素子は、前記アレイ導波路の光路に形成された導波路グレーティングと、該導波路グレーティングの屈折率を変化させることで、光の反射および透過を制御する制御部と、を有することを特徴とする導波路型光偏向器。

【0072】(付記5) 少なくとも1本以上の光路を有する入力導波路に入力された光信号が、導波路型光偏向器によって偏向されて少なくとも1本以上の光路を有する出力導波路から出力される光スイッチにおいて、前記導波路型光偏向器が、スラブ導波路と、該スラブ導波路の一端面に光学的に接続された複数の光路を有するアレイ導波路と、光の反射および透過を制御可能なスイッチ素子が前記アレイ導波路の各光路上の予め設定した位置にそれぞれ配置された複数の反射スイッチ列を有し、該各反射スイッチ列の動作を制御することで前記アレイ導波路の各光路長を可変にする反射スイッチ網と、を備え、前記入力導波路および前記出力導波路が、前記スラブ導波路の一端面に対向する他端面にそれぞれ光学的に接続され、前記入力導波路を介して前記スラブ導波路の他端面に入力された光信号が、前記スラブ導波路内を伝搬して前記アレイ導波路の各光路に分配され、前記反射スイッチ網で反射されて前記スラブ導波路に戻され、該スラブ導波路内を伝搬して前記他端面の所定位置に集光され前記出力導波路から出力されることを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0073】(付記6) 付記5に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、波長の異なる複数の光信号が前記入力導波路に入力され、前記導波路型光偏向器によって波長ごとに偏向された各光信号が、前記出力導波路の複数本の光路からそれぞれ出力されることを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0074】(付記7) 付記5に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記入力導波路の複数本の光路に光信号がそれぞれ入力され、前記導波路型光偏向器によって前記入力導波路の光路ごとに偏向された各光信号が、前記出力導波路の複数本の光路からそれぞれ出力されることを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0075】(付記8) 付記5に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記出力導波路の複数本の光路のうちの少なくとも2本以上の光路を伝搬する光信号を周回的に合波して出力する光カプラを備えたことを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0076】(付記9) 付記5に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記アレイ導波路の

各光路を伝搬する光信号の位相を調整する位相調整部を備えたことを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0077】(付記10) 付記5に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記反射スイッチ網の各スイッチ素子は、前記アレイ導波路の屈折率に略一致した屈折率を持つ屈折率整合液および前記アレイ導波路の屈折率とは異なる屈折率を持つ屈折率非整合媒体を駆動する駆動管と、該駆動管内の屈折率整合液の体積を変化させることで、前記アレイ導波路の光路に対する前記駆動管内の屈折率非整合媒体の位置を移動させて光の反射および透過を制御する制御部と、を有することを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0078】(付記11) 付記5に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記反射スイッチ網の各スイッチ素子は、MEMSミラーを含むことを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0079】(付記12) 付記5に記載の導波路型光偏向器を用いた光スイッチであって、前記反射スイッチ網の各スイッチ素子は、前記アレイ導波路の光路に形成された導波路グレーティングと、該導波路グレーティングの屈折率を変化させることで、光の反射および透過を制御する制御部と、を有することを特徴とする導波路型光偏向器を用いた光スイッチ。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように本発明による導波路型光偏向器およびそれを用いた光スイッチによれば、アレイ導波路上に反射スイッチ網を設けて、アレイ導波路の各光路の実質的な長さを制御するようにしたことで、光路長の制御に必要なデバイスサイズを大幅に縮小することができる。これにより、小型かつ高集積可能な導波路型光偏向器や光スイッチを提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。

【図2】同上第1実施形態について、反射スイッチ列13Aをオンにした場合の動作を説明するための図である。

【図3】同上第1実施形態について、反射スイッチ列13Cをオンにした場合の動作を説明するための図である。

【図4】本発明で反射スイッチ網に用いるスイッチ素子の第1の構成例を示す平面図であって、(A)は透過時の状態を示し、(B)は反射時の状態を示す図である。

【図5】図4のスイッチ素子を利用して反射スイッチ網を構成した場合の好ましい一例を示す図である。

【図6】本発明で反射スイッチ網に用いるスイッチ素子の第2の構成例を示す断面図である。

【図7】図6に関連する他のスイッチ素子の構成例を示

す断面図である。

【図8】本発明で反射スイッチ網に用いるスイッチ素子の第3の構成例を示す平面図である。

【図9】図8のスイッチ素子について、波長に対する反射特性を説明するための図である。

【図10】本発明の第2実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。

【図11】本発明の第3実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。

【図12】本発明の第1～第3実施形態に関連し、光信号の入出力関係を逆にした構成例を示す平面図である。

【図13】本発明の第4実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。

【図14】本発明の第5実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。

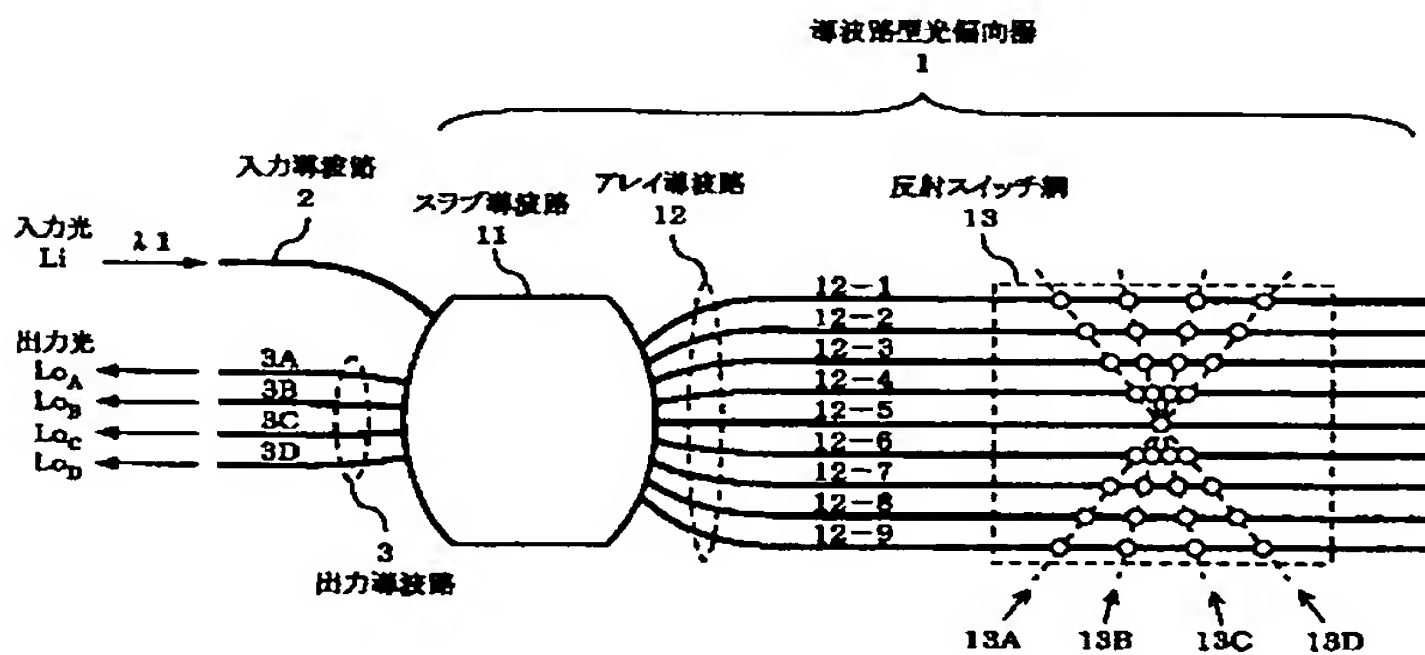
【図15】本発明の第6実施形態にかかる導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成を示す平面図である。

【図16】従来の導波路型光偏向器を用いた光スイッチの構成例を示す平面図である。

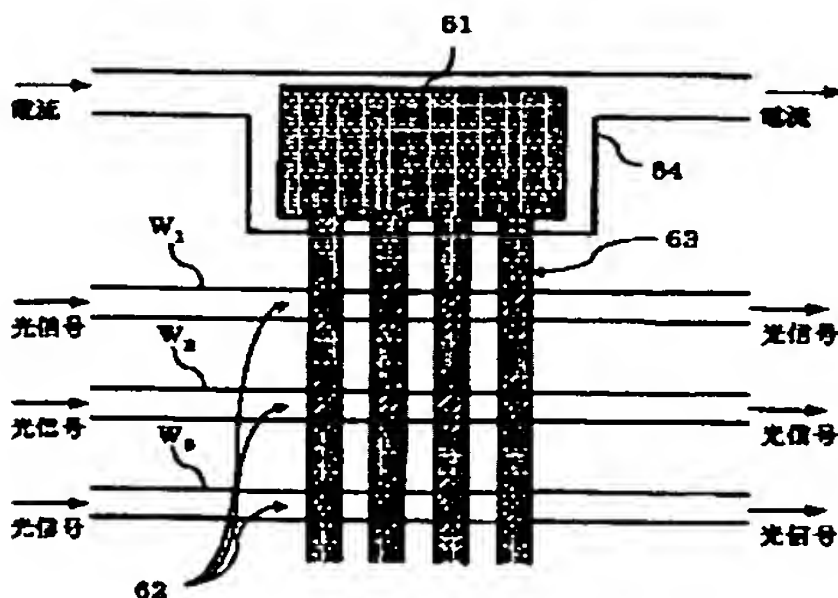
【符号の説明】

- 1, 1' 導波路型光偏向器
- 2 入力導波路
- 3 出力導波路
- 4, 5 光カプラ
- 11 スラブ導波路
- 12 アレイ導波路
- 13 反射スイッチ網
- 13A～13D 反射スイッチ列
- 14 位相調整器
- 61 屈折率整合液
- 62 屈折率非整合媒体
- 63 駆動管
- 64, 81 ヒータ
- 70 MEMSミラー
- 71, 71', 72 基板
- 80 導波路グレーティング
- Li, Li_a～Li_d 入力光
- Lo, Lo_a～Lo_d 出力光

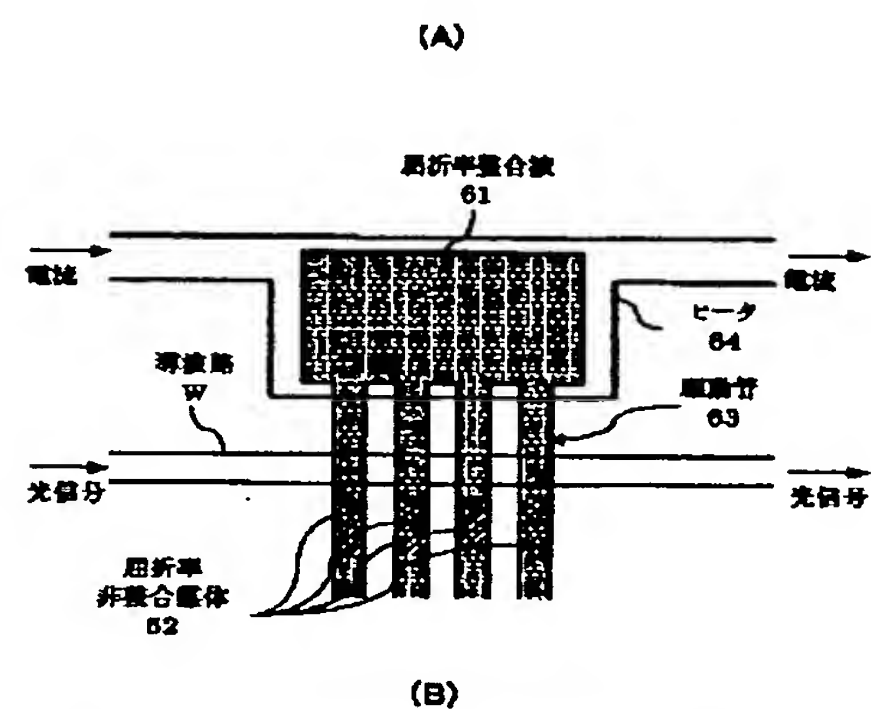
【図1】



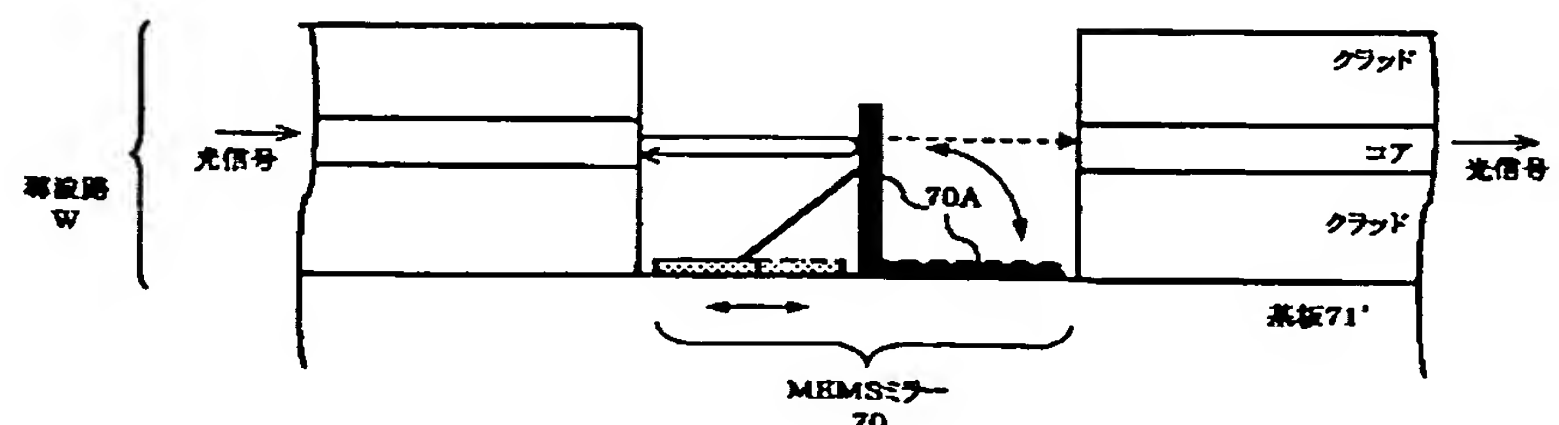
【図5】



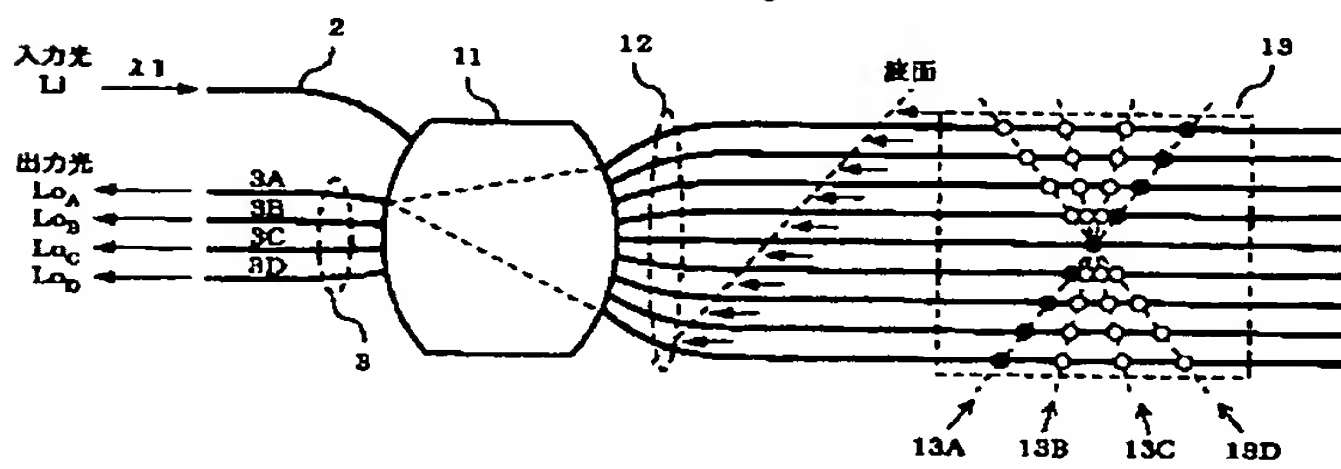
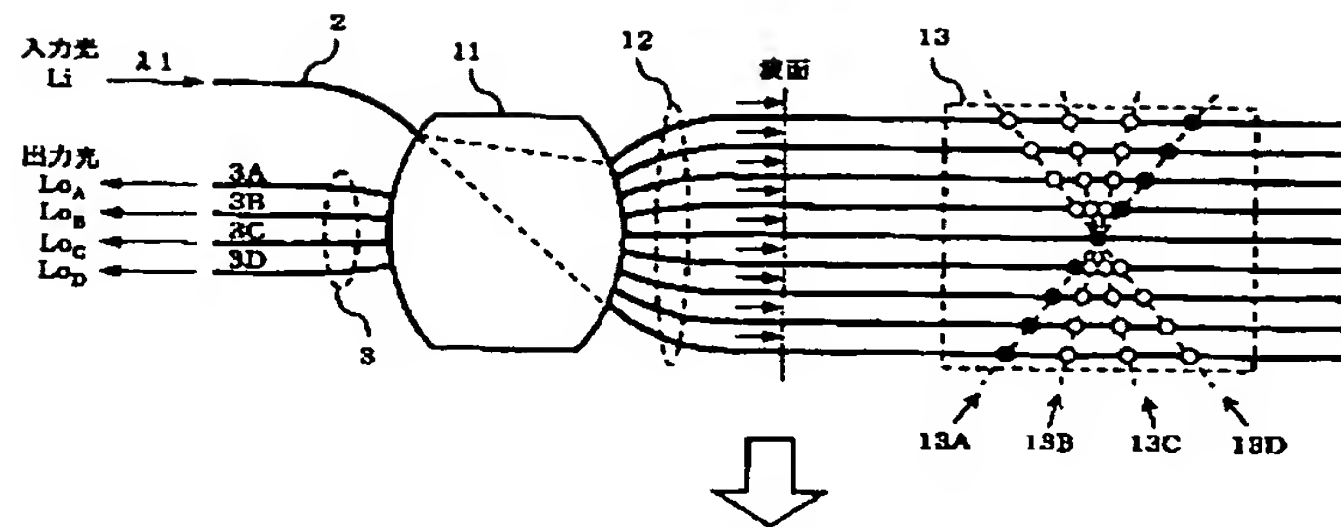
【図4】



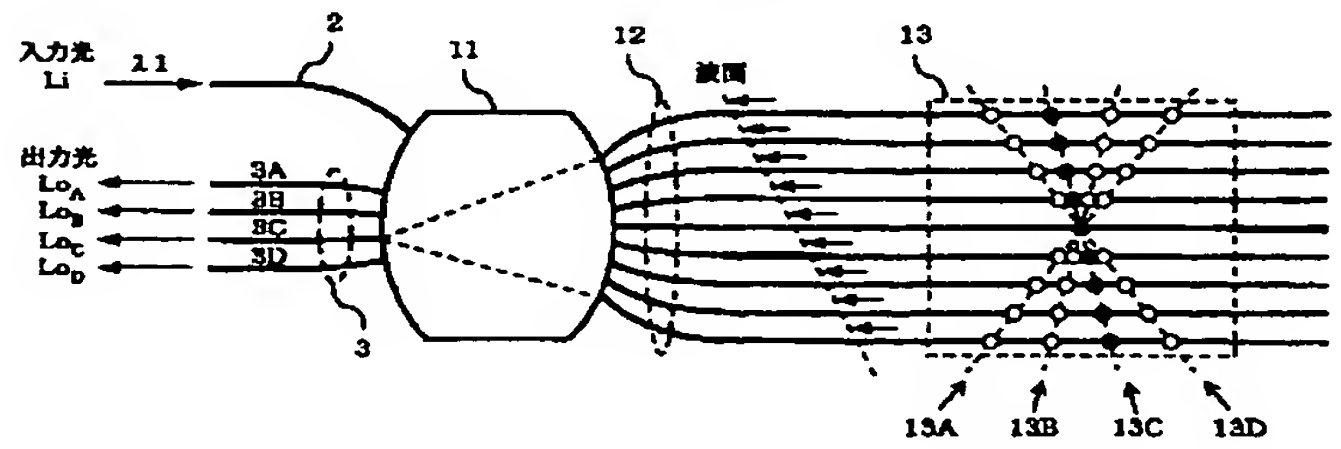
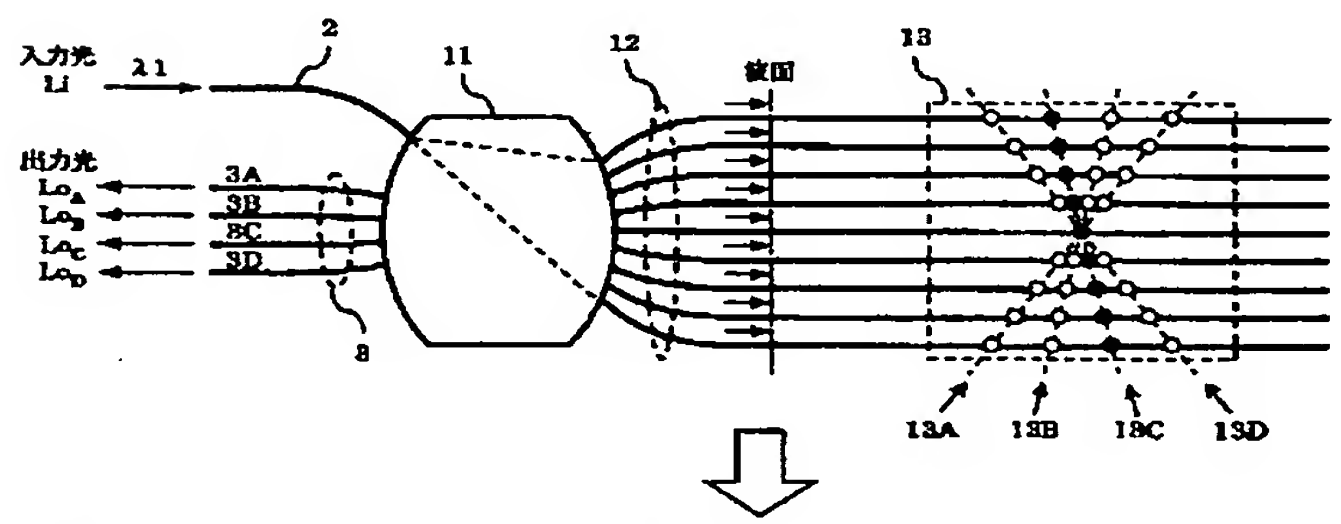
【図7】



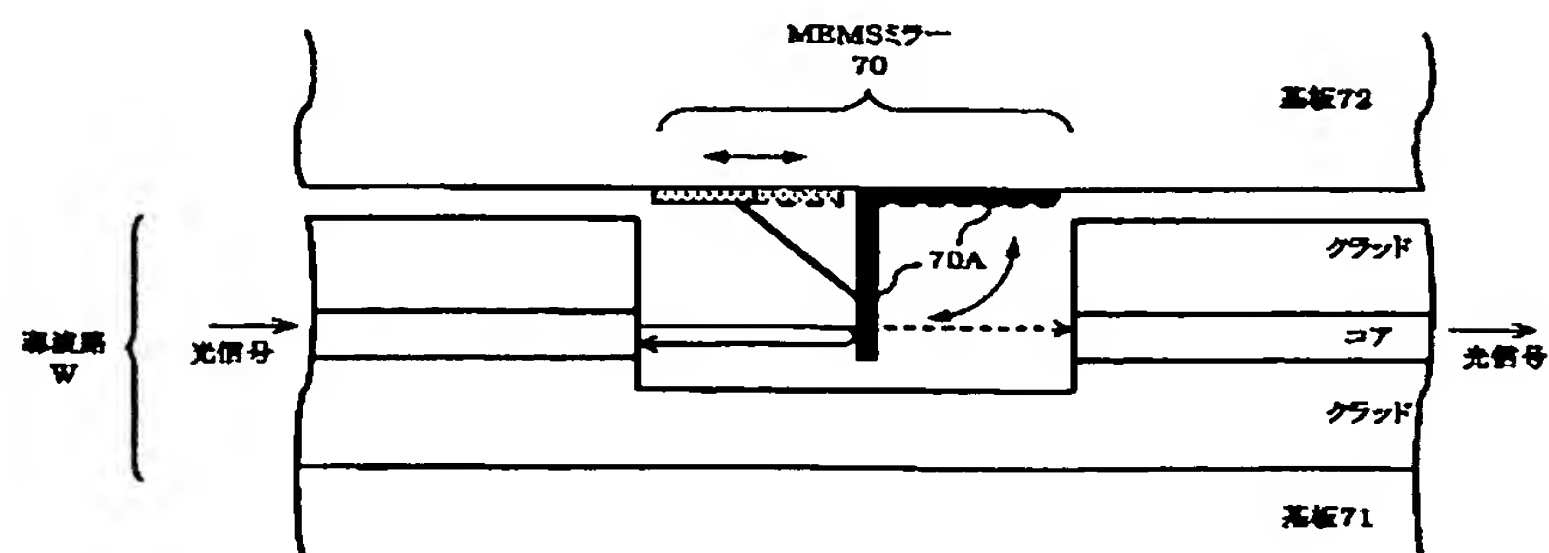
【図2】



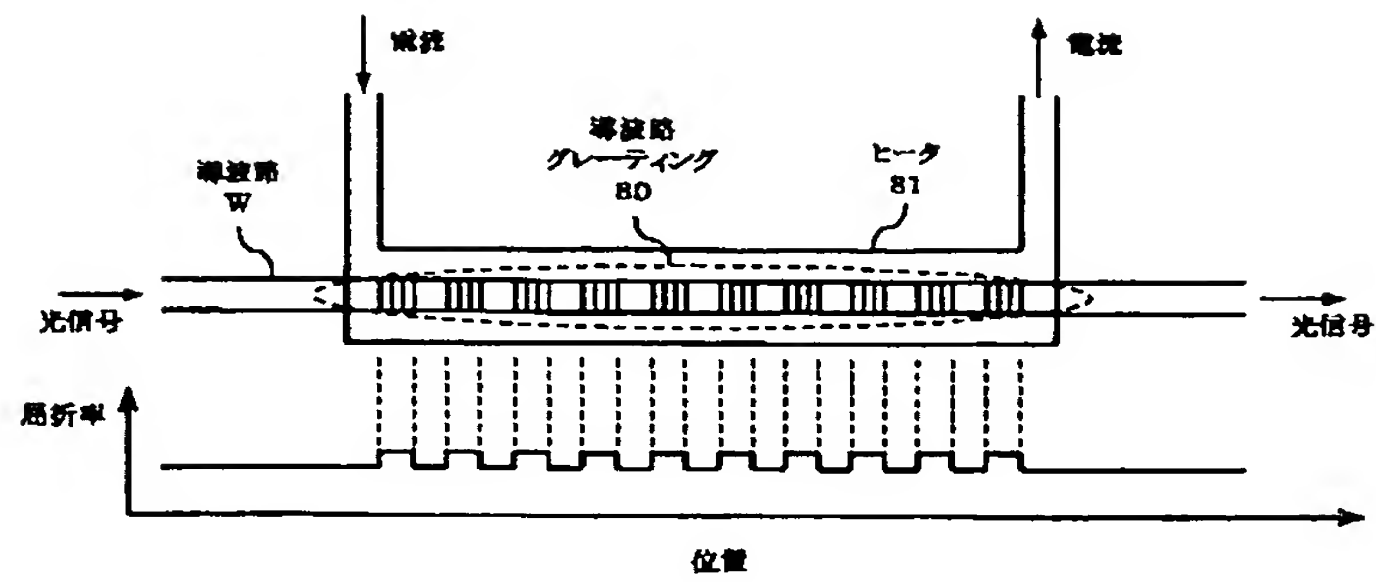
【図3】



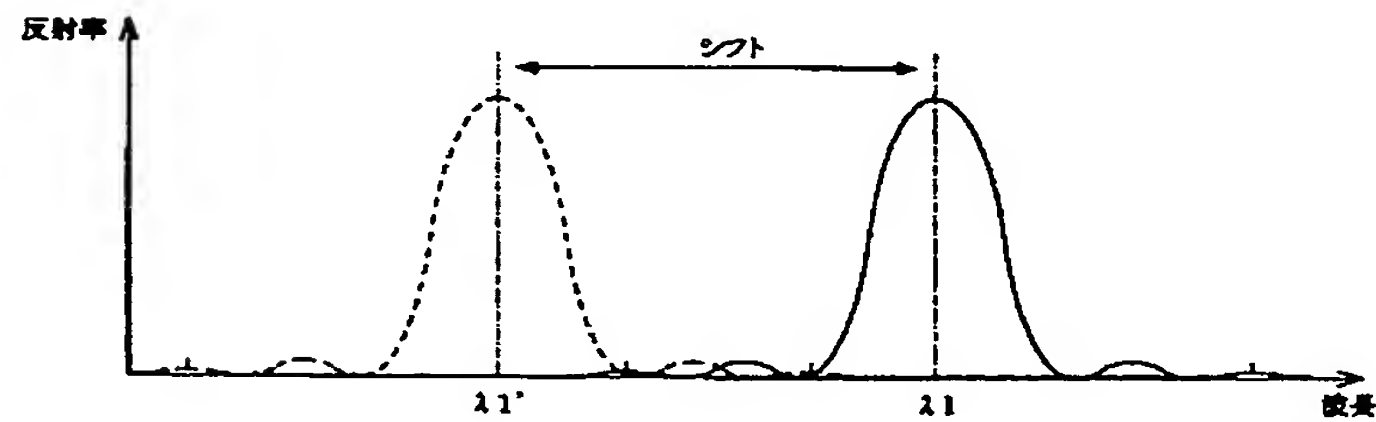
【図6】



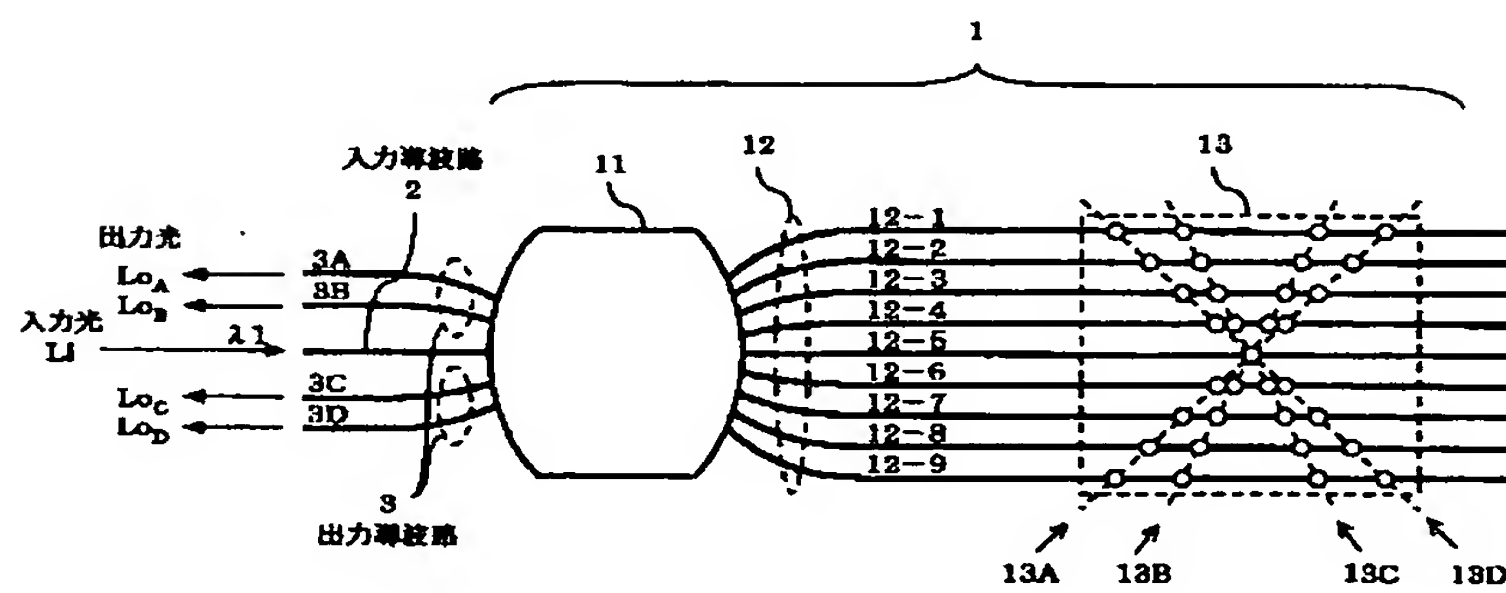
【図8】



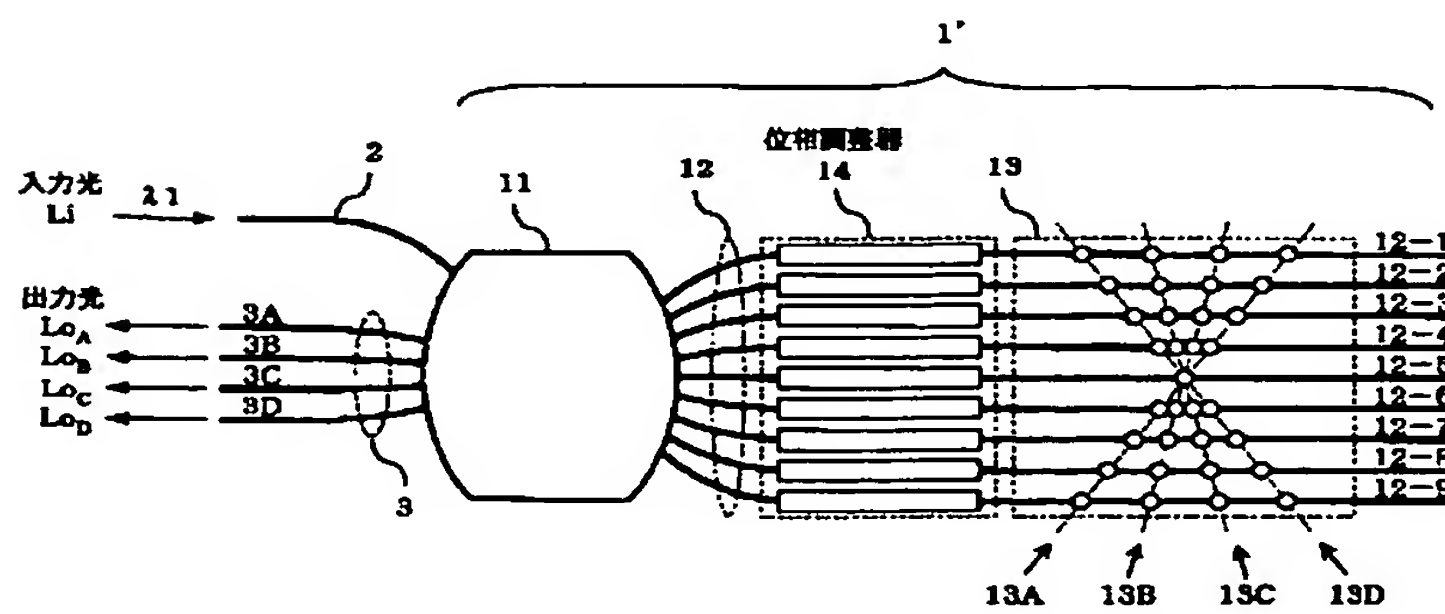
【図9】



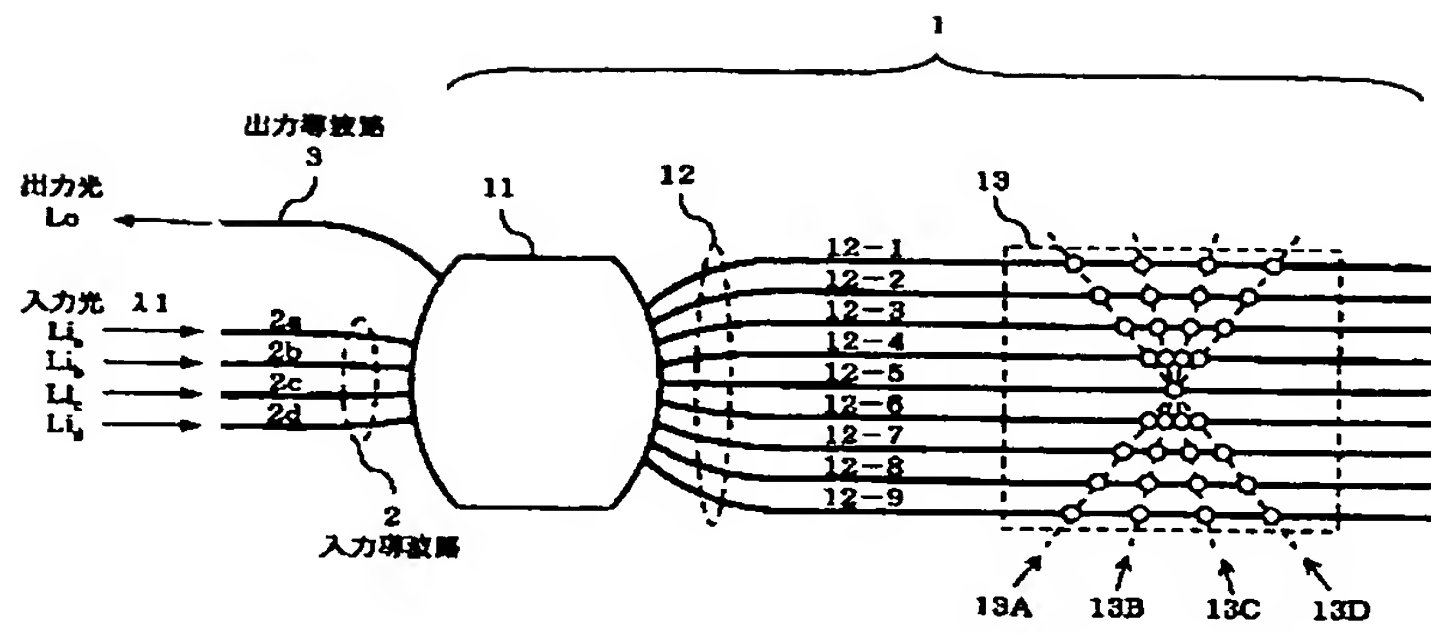
【図10】



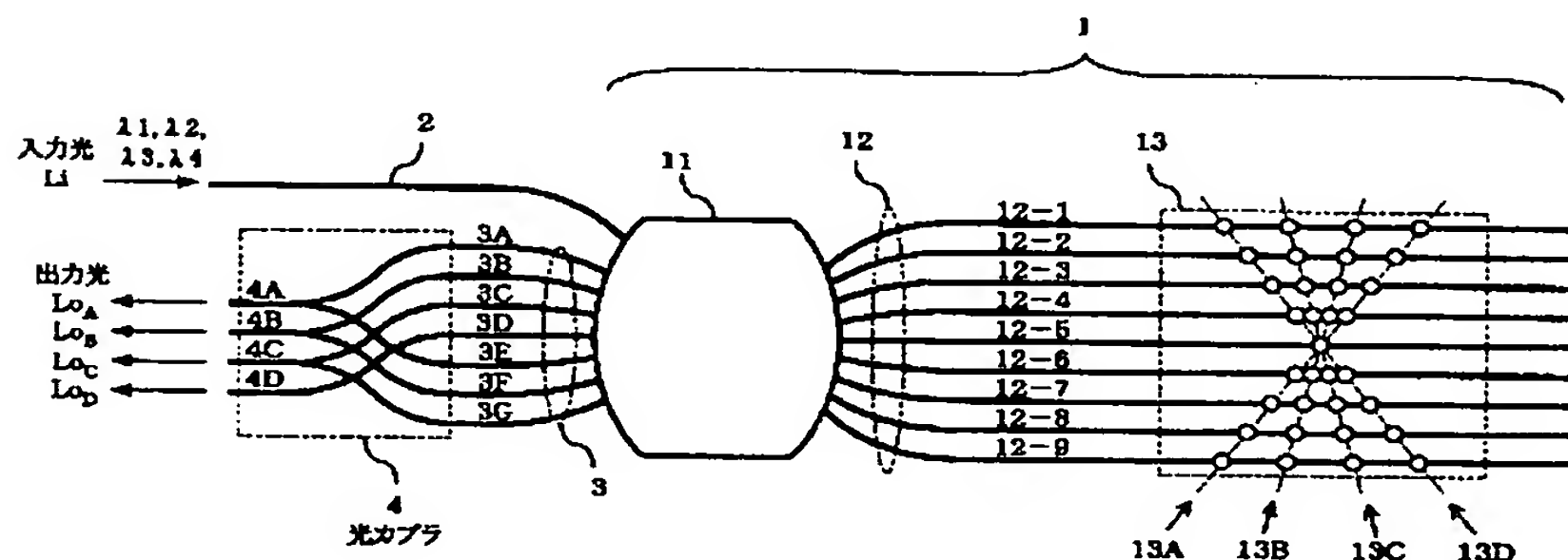
【図11】



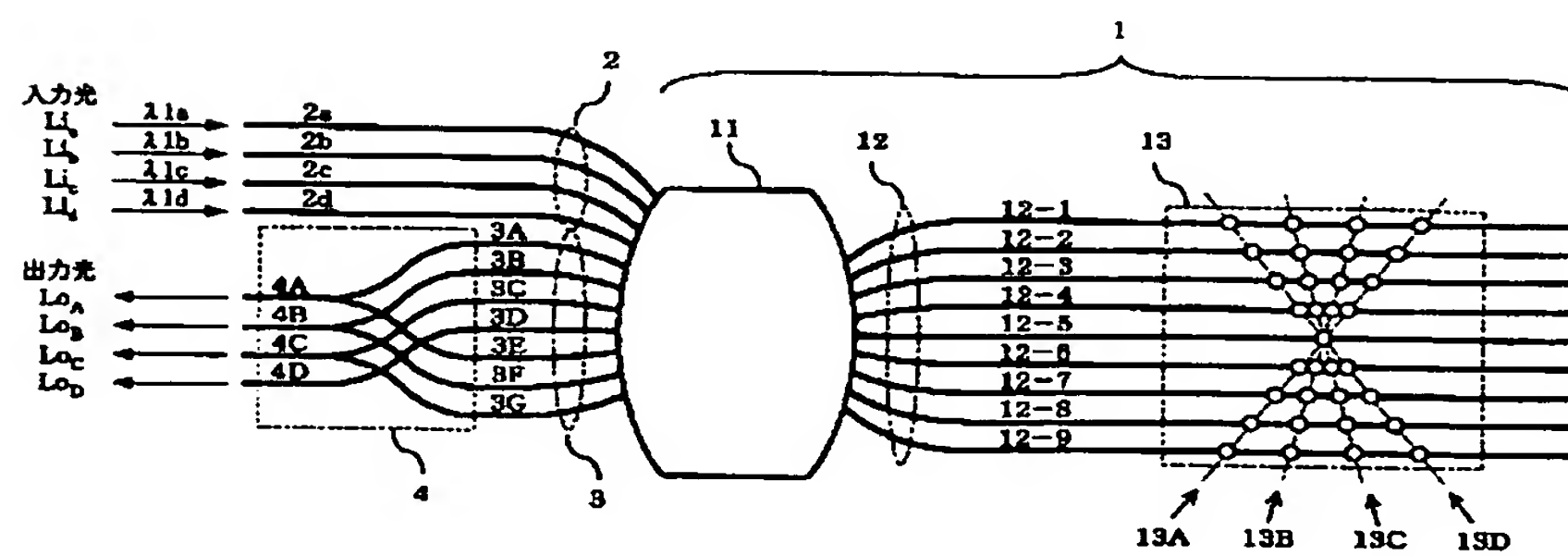
【図12】



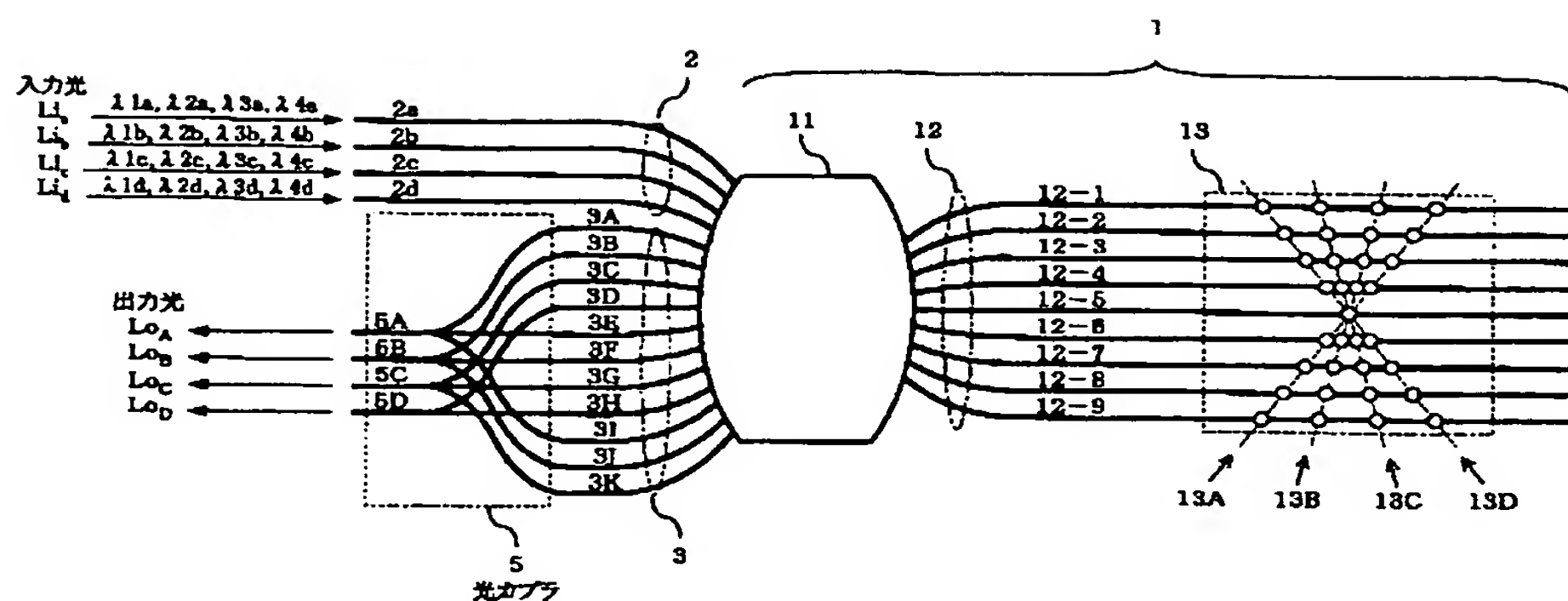
【図13】



【図14】

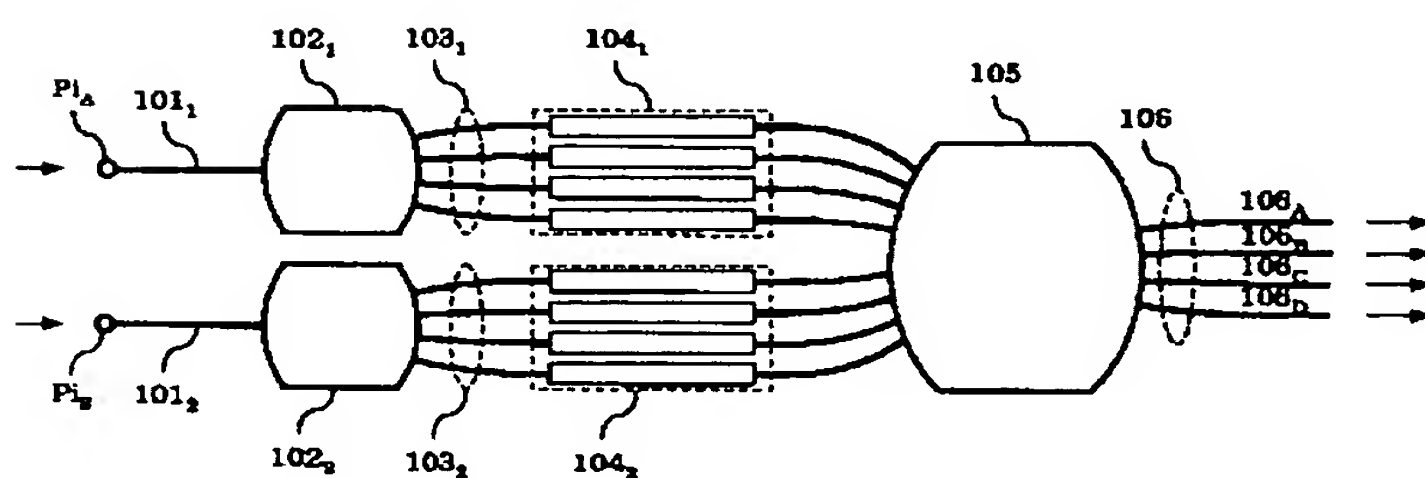


【図15】



【図16】

従来の導波路型光偏肉器を用いた光スイッチ



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H041 AA14 AA23 AB13 AB32 AC06
AC07 AZ02 AZ05 AZ08
2H047 KA03 KA12 LA18 MA05 RA08
TA01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.